

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-340604

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 5 K 3/00
B 0 8 B 3/02
B 2 3 K 26/00

識別記号
3 3 0

F I
H 0 5 K 3/00 N
B 0 8 B 3/02 F
B 2 3 K 26/00 3 3 0

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-140666

(22)出願日 平成10年(1998)5月22日

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社
東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 浜田 史郎

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
機械工業株式会社平塚事業所内

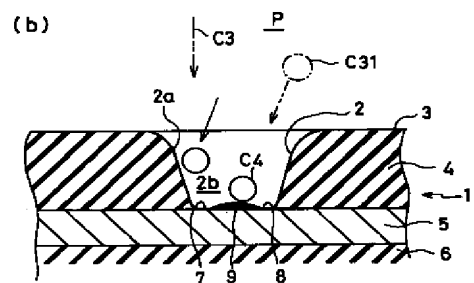
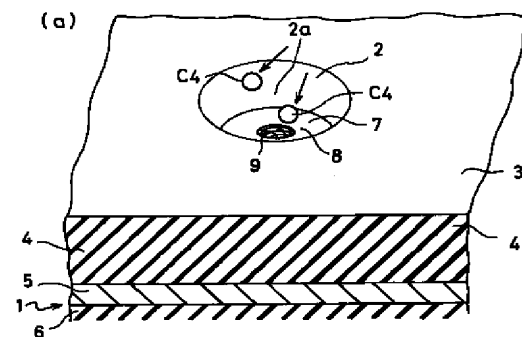
(74)代理人 弁理士 治部 卓 (外1名)

(54)【発明の名称】 電子回路基板のビアホールのスミア方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 レーザ加工によって電子回路基板に形成されたビアホールのスミアを、乾式プロセスで取り除くこと。

【解決手段】 不活性ガスを液化してなる液化不活性ガスを含む流体C3を、不活性ガスの少なくとも一部が固化した微粒子C4になるように、実質上大気圧P下で噴霧して、レーザビームによる穴明加工でビアホール2が形成された電子回路基板1に前記微粒子C4を吹付けて、ビアホール2内のスミア9を除去する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 不活性ガスを液化してなる液化不活性ガスを含む流体を、不活性ガスの少なくとも一部が固化した微粒子になるように、実質上大気圧下で噴霧して、レーザービームによる穴明加工でビアホールが形成された電子回路基板に前記微粒子を吹付け、ビアホール内のスミアを除去することからなる電子回路基板のビアホールのデスマリア方法。

【請求項2】 電子回路基板に対してレーザービームによるビアホール形成を行いつつ、請求項1に記載のデスマリア処理を並行して行う電子回路基板のビアホールの形成・デスマリア方法。

【請求項3】 不活性ガスが炭酸ガスである請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】 不活性ガスを液化してなる液化不活性ガスを含む流体の供給源と、電子回路基板に形成されたビアホール内のスミアを除去すべく、前記供給源からの流体を、不活性ガスの少なくとも一部が固化した微粒子になるように、実質上大気圧下において電子回路基板に向かって噴霧するノズルと、電子回路基板及びノズルを相対移動させる相対移動手段とを有する電子回路基板のビアホールのデスマリア装置。

【請求項5】 請求項4に記載のデスマリア装置と、このデスマリア装置に並設され電子回路基板に前記ビアホールを形成するレーザービーム穴明加工装置と、デスマリア装置によるデスマリア領域と穴明加工装置によるビアホール形成領域とを分離する仕切手段とを有する電子回路基板のビアホール形成・デスマリア装置。

【請求項6】 不活性ガスが炭酸ガスである請求項4又は5に記載の装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術の分野】本発明は、電子回路基板のビアホールのデスマリア方法及び装置に係り、より詳しくは、レーザービームによる穴明加工によって電子回路基板にビアホールを形成する際生じたスミアを取り除く（デスマリアする）方法及び装置に係る。

【0002】

【従来の技術】多層プリント配線板のような電子回路基板にビアホールを形成するに際して、乾式プロセスであり且つ機械式ドリルでは量産ベースでは難しい0.2mm以下の径の穴を明け得ることから、レーザービームの利用は拡大してきている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、レーザービームによって形成されたビアホールでも、炭化物のような熱分解生成物などからなるスミアができてビアホールの底部に残るのを避け難い。ビアホールは、通常、絶縁層の両面に配される導体層間の電気接続のためのコンタクトホールとして形成されるものであるから、所定の

電氣的接続を行い得るようにするためにはビアホールの底部に残るスミアを取り除く（デスマリアする）必要がある。

【0004】従来用いられている典型的なデスマリア方法は、スミア物質を酸化しその後アルカリ処理して溶かし去るべく酸化剤及びアルカリの水溶液を用いて化学的に処理するものであるが、この方法は湿式であり、レーザービームによる穴明が乾式であることの利点が損なわれる。

【0005】なお、一般的なデスマリア方法としては、高圧エアのような流体の高速吹付けも用いられるけれども、レーザー加工により形成される電子回路基板のビアホールは径が0.1mm程度と小さく且つアスペクト比（穴の深さ／直径）が0.5程度と高いことが多いので、高圧高速の流体を用いる方法では、流体媒質の粘性などが問題となってスミアを除去し難い。

【0006】一方、表面洗浄技術として、アルゴン液を含む流体を減圧雰囲気中に噴出させて膨張させアルゴン液の少なくとも一部を固化させてアルゴン微粒子とし、このアルゴン微粒子を含む流体を吹付けて表面を洗浄すること等は、提案されている（特開平6-295895号）。但し、この場合、減圧用チャンバーが不可欠であり、装置のコストや取扱い易さの面で制約がある。

【0007】本発明は前記諸点に鑑みなされたものであって、その目的とするところは、レーザー加工によって電子回路基板に形成されたビアホールのスミアを、乾式プロセスで取り除き得る電子回路基板のビアホールのデスマリア（スミア除去）方法及び装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による電子回路基板のビアホールのデスマリア方法は、前記した目的を達成すべく、不活性ガスを液化してなる液化不活性ガスを含む流体を、不活性ガスの少なくとも一部が固化した微粒子になるように、実質上大気圧下で噴霧して、レーザービームによる穴明加工でビアホールが形成された電子回路基板に前記微粒子を吹付け、ビアホール内のスミアを除去することからなる。

【0009】本発明のデスマリア方法では、不活性ガスの少なくとも一部が固化した微粒子を電子回路基板に吹付けるから、該微粒子は、単なる気体流等と異なり粘性等によって妨げられることなく径が小さくアスペクト比の比較的高いビアホール内に飛び込んで該ビアホールの内表面にぶつかり得る。しかも、本発明のデスマリア方法では、液化不活性ガスを含む流体（以下では、「液化不活性ガス含有流体」ともいう）を実質上大気圧下で噴霧することにより少なくとも表層部が固化された不活性ガス微粒子を形成する。この微粒子は、（噴霧前の圧力よりも低い）大気圧中に噴霧された液化不活性ガス（液体状態の不活性ガスで、以下では、「不活性ガス液体」とも

いう)含有流体中の気体状態の不活性ガスが急激な断熱膨張に伴う急激な温度低下により部分的に固化される際、互いに凝集したり不活性ガスの液滴を一種の核として凝集したりするように働くことによって形成されるものと考えられる。但し、液化不活性ガス含有流体の微粒子形成プロセスや原因は他のものであってもよい。いずれにしても、液化不活性ガス含有流体を大気圧雰囲気中に噴霧することにより形成された微粒子は、ビアホールの内壁に衝突した際該内壁からの入熱によって急激に昇華ないし気化され得る。この急激な気化の際の熱衝撃に加えて、ビアホール内での急激な気化に伴う急激な圧力変動によって穴の底などに付着しているスミア物質を穴(ビアホール)の内壁から剥がして穴の外に放出することにより、スミアの除去が行われる。なお、微粒子が比較的アスペクト比の高いビアホール内に入ると、該微粒子はビアホールの開口部を除く全方位(6方向のうちの5方向)においてビアホールの壁によって囲まれるから、微粒子に対する入熱が行われやすく、且つ気化の際の圧力変動がビアホールの外部に逃げにくいので、微粒子の気化並びに該気化に伴うビアホール内壁のスミア物質への熱的及び力学的衝撃付与が効果的に行われ得る。その結果、実質上乾式プロセスでデスミア処理が行われ得る。加えて、本発明のデスミア方法では、液化不活性ガスを含む流体の噴霧が実質上大気圧雰囲気に対して行われるので、減圧下で噴霧を行う場合と比較して、減圧用チャンバーを用いた圧力制御が不要であり、作業行程が極めて単純化され得るから、大量処理を容易に行い得るだけでなく、電子回路基板に対してレーザービームによるビアホール形成(穴明け)を行いつつ基板のうち該穴明けの終わった部分に対して同時並行的にデスミア処理を行うことも可能となる。

【0010】この明細書において、「不活性ガス」は、大気圧雰囲気中に噴霧された際に少なくとも一部が固化して微粒子を形成し得る限りいかなる種類の不活性ガスでもよいが、ガスのコストなどを考慮すると、実用上は、炭酸ガス(二酸化炭素)又は窒素からなり、液化温度を考慮すると、好ましくは、炭酸ガスからなる。従って、以下では不活性ガスが炭酸ガスからなるとして説明するが、必ずしも、炭酸ガスに限られない。

【0011】噴霧されるべき「液化不活性ガス含有流体」は一部が液化されており、気液二相からなる。従って、好ましくは、一部が液化され残部が気体状態である気液二相の二酸化炭素からなる。なお、「液化不活性ガス含有流体」は、実質的に二酸化炭素のみからなる代わりに、他の気体状態の不活性ガス(例えば窒素)をキャリアガス等として含むものでもよく、窒素のようなキャリアガスを含む場合、二酸化炭素の全てが液化されていてもよい。

【0012】また、「液化不活性ガス含有流体」は、少なくとも「加圧」又は「冷却」されており、実際上は、

「加圧」且つ「冷却」されている。不活性ガスが炭酸ガスの場合、この圧力は、例えば2-3気圧程度であるが、所望ならばより高い圧力でもより低い圧力でもよい。温度は、当該圧力条件下における昇華点と融点との間で、マイナス数十℃程度である。「二酸化炭素液体(以下では「液化炭酸ガス」ともいう)」を含む流体は、ガスボンベのような高圧の炭酸ガス源からの気体状態の炭酸ガスを冷却して液化してなるものでも、高圧の気体状態の炭酸ガスを常温以下に冷却すると共に大気圧よりも高い圧力範囲内で減圧又は加圧してなるものでも、高圧の気体状態の炭酸ガスを冷却して實際上全部を二酸化炭素液体とし噴霧の前に加熱して例えば2-3気圧程度の圧力の気液混合状態にしたものであっても、高圧の気体状態の炭酸ガスを一旦冷却して固化し噴霧の前にこの固体状態の二酸化炭素(ドライアイス)を加熱して一部が液化された流体にしてなるものであってもよい。

【0013】レーザー加工により形成される電子回路基板のビアホールは、穴径が通常約0.1mm程度であるけれども、穴径が、これよりも大きくても(例えば0.2mm程度又は0.5mm程度でも)小さくても(例えば0.05mm程度又はそれ以下でも)よい。また、このビアホールは、通常50μ程度の深さを有するけれども、深さがこれよりも深くても(例えば100μ程度又はそれ以上)浅くてもよい。また、このビアホールのアスペクト比は通常0.5程度であるけれども、アスペクト比がこれよりも大きくても(例えば1又はそれ以上)小さくてもよい。但し、本発明のデスミア方法は、他の従来の方法と比較した場合、径が小さくて深くアスペクト比の高い穴に対して特に効果が高いことが期待される。

【0014】ビアホールは、穴の上下の層間の電気的接続を行わせるコンタクトホールのようにスミアの除去が望まれる穴であれば、他の目的のために形成した穴でもよい。

【0015】電子回路基板のビアホールが形成される材料は、レーザー加工による穴明の際スミアが付着しデスミア処理が必要になるような材料であれば、エポキシ系樹脂でもポリイミド系樹脂でも他の絶縁材料等でもよい。

【0016】レーザー加工によって形成された穴にスミアが僅かでも付着又は残留してその除去が望まれる限り、電子回路基板に対して穴明加工するレーザービームの種類や照射条件はどのようなものでもよい。例えば、レーザービームとしては、CW型又はTEA型のCO₂レーザーやYAGレーザーのような赤外域のビームであっても、エキシマレーザーやYAGレーザーの高調波のような可視又は紫外域のビームであってもよく、特願平7-143719号において提案されているように赤外域レーザー光を照射した後で紫外又は可視域レーザー光を照射して形成した穴でもよい。

【0017】ビアホールが表面に形成された基板上に吹付けられる微粒子は、特開平6-295895号公報に記載のように、液体状態の内部部分を有することが好ましい。この場合、ビアホール内での入熱により表層の固化部が液化ないし気化された際、内部の液体部分が流出してビアホール内壁に拡がり該内壁からの熱により急激に気化し得るから、ビアホール内で急激な衝撃をスミア部に与え得る。なお、ビアホール内に入って該ビアホールの内壁に衝突した微粒子は、平坦な表面に衝突する場合と異なり、周囲をビアホール内壁によって取り囲まれることになるから、周囲からの入熱を受け易く圧力変動が外部に漏れにくいので、液体状態の内部部分が少なくてもよく、場合によっては實際上全体が固化していてもよい。微粒子のサイズ（粒径）は、小さすぎると、スミア物質に付与し得る衝撃力及びエネルギーが小さくなり過ぎる虞があり、大きすぎると、ビアホール内壁との熱交換が十分な速さで行われ難かったり微粒子がビアホール内に入り難くなる虞がある。従って、例えば、穴径の数％～数10％程度の粒径の微粒子が多数含まれることが好ましい。

【0018】本発明のデスマア方法では、好ましくは、電子回路基板のビアホール形成表面の近傍において前記噴霧を行う。すなわち、本発明のデスマア方法では、不活性ガスの固化した微粒子が比較的粘性抵抗の高い大気圧雰囲気中を走ってビアホール内壁に衝突し得るように、基板の表面に近いところで噴霧を行う。特に、不活性ガスが炭酸ガスからなる場合、噴霧前の圧力は、例えば2～3気圧程度と比較的低いから、基板近傍で噴霧を行うことが好ましい。不活性ガスとして炭酸ガスを用いる場合、噴霧位置に関して基板（表面）の「近傍」とは、好ましくは、基板から数十mm（例えば50mm）程度以下の距離をいう。一方、噴霧された液化不活性ガス含有流体の少なくとも一部が基板に達するまでの間に固化して微粒子を形成し得るように、噴霧は、基板に密接したところではなく基板からわずかに離れたところで行われる。この観点では、噴霧位置に関して基板の「近傍」とは、好ましくは、基板から数mm（例えば5mm）程度以上離れたところをいう。なお、「実質上大気圧」とは、「減圧用チャンバーのようなもので囲われて減圧制御され」てはいない圧力条件下の圧力であることをいう。

【0019】デスマア処理は、表面全体についてビアホールの形成が完了した基板に対してビアホール形成とは独立に行っても、ビアホール形成と同時並行的に行ってもよい。後者の場合、電子回路基板に対してレーザビームによるビアホール形成を行いつつ、電子回路基板のうちビアホール形成の終わった部分に対して前述のようなデスマア処理を並行して行えばよい。

【0020】ビアホール形成とデスマア処理とを同時並行的に行う場合、ビアホール形成加工を行う領域とデス

ミア処理を行う領域とを仕切手段で仕切って分離した状態でビアホール形成加工とデスマア処理とを同時並行的に行うことが好ましい。この場合、仕切手段によって、デスマア処理用の不活性ガス含有流体がビアホール形成領域のレーザビーム光路中に入ってビームの進路を変えたり被加工点に照射されるべきビームエネルギーを低下させるのを防止する。なお、仕切手段は、レーザビームによるビアホール形成に伴い飛散する基板材料がデスマア処理領域に入り込むことも防止し得る。

【0021】仕切手段は、シート状の可撓性仕切材でも、剛性のある板状仕切材でもよいが、電子回路基板の表面に沿う流体などの流れを阻止し得るように、仕切手段の基板表面近傍部分は、回路基板表面に接触する樹脂製フィルム又はシートやゴムのような可撓性材料からなることが好ましく、基板表面から離れたところでは過度に変形されるのを避け得るように剛性のある板状仕切材からなることが好ましい。なお、板状仕切材は、例えば、一様な板であっても、シート状部材をフレーム部材で支持してなるものであってもよい。

【0022】本発明による電子回路基板のデスマア装置は、前記した目的を達成するために、不活性ガスを液化してなる液化不活性ガスを含む流体の供給源と、電子回路基板に形成されたビアホール内のスミアを除去すべく、前記供給源からの流体を、不活性ガスの少なくとも一部が固化した微粒子になるように、実質上大気圧下において電子回路基板に向かって噴霧するノズルと、電子回路基板及びノズルを相対移動させる相対移動手段とを有する。

【0023】「液化不活性ガスを含む流体の供給源」は、例えば、高圧の気体状態の不活性ガスを収容したボンベと該ボンベからの高圧不活性ガスを冷却して、一部を液化する冷却器とからなる。なお、供給源は、更に、加熱手段や圧力調整手段や流量調整手段を備えていてもよい。

【0024】相対移動手段は、電子回路基板とノズルとを相対移動させ得る限り、送りテーブル（ステージ）のように電子回路基板を担持してノズルに対して電子回路基板を移動させるタイプのものでも、静置された又は可動な電子回路基板に対してノズルを移動させるタイプのものでもよい。いずれの場合でも、相対移動を行わせることによって、基板上に分布したビアホールに対して液化不活性ガス含有流体を一様に噴霧し得る。

【0025】本発明のデスマア処理装置は、更に、ビアホール形成とデスマア処理とを同時並行的に行い得るように、電子回路基板にビアホールを形成するレーザビーム穴明加工装置と組み合わせられ得る。すなわち、本発明によれば、電子回路基板のビアホール形成・デスマア装置は、上述のようなデスマア装置と、このデスマア装置に並設された穴明加工装置と、デスマア装置によるデスマア領域と穴明加工装置によるビアホール形成領域とを

分離する仕切手段とを有する。

【0026】

【発明の実施の形態】次に、本発明の一実施の形態を添付図面に示した好ましい一実施例に基づいて説明する。

【0027】

【実施例】図1の(a)及び(b)は、電子回路基板1にレーザ加工によって形成されたビアホール2の一例を示す。電子回路基板1は、多層基板からなり、表面3側には、表面絶縁層4、その下の導電層5、更に下層の絶縁層6を有する。

【0028】ビアホール2は、図2に模式的に示したように、YAGレーザ又はTEA-CO₂レーザのようなレーザ発振器51からのレーザパルスビーム52を穴明に必要な所定エネルギーに相当する1ショット又は複数ショットだけ基板1上の所定位置に照射するように構成されたレーザ穴明加工装置50によって形成される。レーザ加工装置50は、レーザ発振器51と基板1との間に、例えば、レーザパルスの強度を調整するアッテネータ(減衰器)53、所望に応じて集光レンズと共に用いられビーム形状を整形するマスク54、ビームの光路ないし向きを適宜変えるターンミラー55、基板1上の穴明加工点(ビーム照射位置)を選択的に変えるべくビームを走査するガルバノスキャナ56、スキャナ56と協働してビームを所望の加工点に集光するfθレンズのような集光レンズ57などを有する。なお、加工位置(加工範囲)を大きく変える場合には、送りテーブルが移動せしめられる。このようなレーザ穴明加工装置50によって、基板1上には、図3に示したように多数のビアホール2が所定位置に形成される。これらのビアホール2の径及び深さは異なっても全て同一でもよい。なお、ビアホール形成の際飛散する基板材料は一つ又は複数個設けられた排気口58を介して強制的に吸引されて取り除かれる。

【0029】レーザビームによるビアホール形成加工によって、図1の(a)及び(b)に示したビアホール2の底7には、本来、導電層5の表面8が露出すべきであるが、実際には、炭化物などのような熱分解生成物などからなるスミア9が付着残留することが少なくない。ビアホール2を例えばコンタクトホールとして用いる場合、絶縁層4の上側に配置する導電層に対して電気的接続をとるべくコンタクトホール2に配されるコンタクト形成用導体と導電層5との電気的接触を、このスミア9が妨げることになる虞があるからスミア9は除去されるべきである。

【0030】次に、液化不活性ガス含有流体としての液化炭酸ガス含有流体の吹付について、図2及び図3に基づいて説明する。基板1は、図示しない床に固定した三次元直交座標系X、Y、Zにおいて、水平面でX、Y方向に並進移動可能な送りテーブル12上に、表面3が上になるように載置固定されており、モータ13、送り

ねじ14及びナット15などからなるX-Y並進機構16によってX、Y方向に並進移動され得る。なお、基板1は、二酸化炭素微粒子が吹付けられ得るように大気圧Pの空間ないし室17内への液化炭酸ガス含有流体(この例では、一部液化炭酸ガス)の噴霧ないし噴出手段に表面3が面している限り、図示のように水平に配置される代わりに、傾斜状態で配置されても、表面3が鉛直面に沿うように立てて配置されても、表面3が下方に向くように配置されてもよい。

【0031】21は炭酸ガスを加圧して収容したガスボンベ、22は炭酸ガスの一部を液化する冷却器、23は一部が液化された炭酸ガスを大気圧Pの空間17に噴出するノズル装置であり、24、25はこれらをつなぐ配管である。ここで、ノズル装置23のところでの液化炭酸ガス(二酸化炭素液体)の圧力が2-3気圧程度になるように、冷却器22やガスボンベ21の弁が調整されている。炭酸ガスボンベ21からの高圧の炭酸ガスC1は、配管24を通して冷却器22に送られて該冷却器22によって一部が液化された一部液化炭酸ガスC2になり、この一部液化炭酸ガスC2は、噴霧手段としてのノズル装置23にY方向に間隔を置いて形成された多数の小孔26からB方向に大気圧Pの空間17に噴出される。なお、ノズル装置23の小孔26は、単なる開口であっても、方向性のある小通路であってもよく、後者の場合、各小孔26を規定する小通路の向きは同一(平行)であっても、異なってもよい。

【0032】炭酸ガスを液化してノズル装置23に送るための種々の制御及び関連機器に関しては、例えば、アルゴンに関する特開平6-295895号の様々な開示を利用し得る。例えば、ボンベ21からの炭酸ガスC1の流量や圧力を調整すべく流量調整弁や圧力調整弁を配管24に設けたり、冷却器22による炭酸ガスの液化の程度(炭酸ガスの一部を液化して残りを炭酸ガス(気体)の状態で送る際における二酸化炭素液体の割合)を調整すべく配管25内の一部液化炭酸ガスC2の圧力を検出して液化を制御しても、炭酸ガスに例えば窒素を混ぜるべく、炭酸ガスボンベ21に窒素ガスボンベを並設し、流量調整弁などによって夫々の供給量を調節して冷却器22に送るようにしてもよい。なお、場合によっては、炭酸ガスのほとんど全てを冷却器22で液化して、二酸化炭素液体をノズル装置23の小孔26から噴出させるようにしてもよい。この場合、窒素ガスのような不活性キャリアガスを用いる。

【0033】基板1のY方向に沿って分布しているビアホール2に対して一様に噴霧するためには、特開平6-295895号に開示されているようにノズル装置23を隣接小孔26間の距離程度の振幅でY方向に振動可能に構成しても、並進機構16によって基板1をY方向に往復動させてもよい。また、基板1のX方向に沿って分布しているビアホール2に対して一様に噴霧するために

は、並進機構16によって基板1をX方向に移動させても、ノズル装置23にX方向移動機構を設けてノズル装置23をX方向に移動させるようにしてもよい。ここでは、基板1を-X方向に移動させる例について、図1から図3に基づいて、以下に説明する。

【0034】例えば、ノズル装置23の小孔26から液体状態の炭酸ガス（「二酸化炭素液体」）と気体状態の炭酸ガス（以下では、「二酸化炭素気体」又は単に「炭酸ガス」という）とを含む流体C3がB方向に噴出せしめられる場合、噴出流体C3中の二酸化炭素液体が数10ミクロン程度（例えば20-30ミクロン程度）以下の微少液滴C31になって噴出されるように、ノズル装置23での流体圧力及びノズル装置23の小孔26の大きさを調整又は設定しておく。この微少液滴C31を二酸化炭素気体と共に大気圧Pの空間17中に噴出すると、少なくとも表層部が固化した二酸化炭素微粒子C4が形成される。これは、二酸化炭素気体が断熱膨張・断熱冷却されて部分的に固化される際、例えば、微少液滴C31を一種の核として、少なくとも表層部が固化した二酸化炭素微粒子C4を形成するように働くためであると考えられる。二酸化炭素微粒子C4は、二酸化炭素液滴の表層部のみが固化したものの代わりに内部までほぼ完全に固化していても又は該表面固化物と全体が固化したものが混ざっていてもよい。このようにして形成された粒径が数10ミクロン以下の二酸化炭素微粒子C4は、ノズル装置23の小孔26が対面する基板1の表面3に衝突する。ノズル装置23の小孔26と基板1の表面3との距離Lは、二酸化炭素微粒子C4の表面の固化又は二酸化炭素微粒子C4の成長が適度に進行し且つ二酸化炭素微粒子C4が速やかに基板1の表面3に衝突し得る程度、例えば5mm-50mmの範囲内の大きさに選ばれる。なお、二酸化炭素微粒子C4の主として表層部のみが固化している場合には衝突の衝撃によって固化表層部が壊れるように二酸化炭素微粒子C4は高速で基板1の表面3に衝突することが好ましいけれども、二酸化炭素微粒子C4の比較的内部まで固化しているような場合には、二酸化炭素微粒子C4の衝突中の時間が比較的長くなるように二酸化炭素微粒子C4の速度を低下させるべく、ノズル装置23の小孔（開口部）26と基板1の表面3との距離を比較的大きくにとっておいてもよい。但し、ここでは、特開平6-295895号公報に記載のアルゴンの場合と異なり、ノズルの雰囲気は減圧化ではなくて実質上大気圧Pに保たれているから、微粒子の運動に対する抵抗が高くなるので、ノズル装置23の開口（小孔）26は、基板1の表面3に比較的近接して設けられる。この距離Lは、数十mm以下であることが好ましく、例えば、約50mm以下である。但し、一部液化二酸化炭素C3がノズル装置23の小孔26から霧状に噴出した後断熱的に固化が生じるに要する時間の間は、二酸化炭素液滴C31が大気圧Pの雰囲気中を自

由に走ることが好ましいから、ノズル装置23の小孔26と基板1の表面3との距離Lは、数mm以上あることが好ましく、例えば約5mm以上である。

【0035】二酸化炭素微粒子C4のうち、ビアホール2内に飛び込んだ二酸化炭素微粒子C4は、例えば、ビアホール2の底壁7に衝突して、室温程度の該底壁7によって急激に加熱され、急激に気化する。なお、基板1をほぼ室温又はそれ以上の所定温度範囲に保つべく、基板1をヒータで加熱するようにしてもよい。この過程のうち、衝突による機械的衝撃、底壁7を急冷する際の熱衝撃、並びに急激な気化の際の熱衝撃及び圧力衝撃によって、底壁7において、導体層5の表面8に付着していたスミア物質9が導体層5の表面8から剥がされる。なお、二酸化炭素微粒子C4が底壁7に直接衝突しないでビアホール2の周壁2aに衝突するような場合にも、ビアホール2内の狭い空間2b内において急激な気化が生じると、その熱衝撃及び急激な圧力変動による衝撃がビアホール2の底部7にあるスミア物質9を導体表面8から剥離させることが期待される。なお、一つのビアホール2あたり一個の二酸化炭素微粒子C4の衝突では、スミア物質9を剥離ないし分離し難い場合であっても、複数個の二酸化炭素微粒子C4が順次ビアホール2の内壁と衝突することによってスミア物質9の剥離が促進される。

【0036】このようにして導体表面8から分離されたスミア物質9は、気化した二酸化炭素のビアホール2外への激しい流れに伴ってビアホール2外に放出され、また基板1の表面3のうちビアホール2以外の部分に当たり気化された二酸化炭素微粒子C4の流れに伴って基板1外に放出される。なお、基板1の表面3に沿ってY若しくは-Y方向又は-X方向のうちのいずれか一つの方向にスイープ用のガスを流しておいて、分離されたスミア物質を基板1の外へ放出するようにしたり、近くに吸込口を設けた吸込管によって基板1外に積極的に排出するようにしてもよい。

【0037】以上のようにして、基板1の表面3側に形成されたビアホール2内のスミア物質9のデスミア処理を含む基板1の表面3の洗浄が乾式プロセスで行われ得る。

【0038】以上のようなデスミア処理に際して、二酸化炭素微粒子C4がビアホール2内で気化又は昇華される割合（可能性）は、ビアホール2が深くなるほど高くなる。従って、この方法によるデスミア処理は、ビアホール2のアスペクト比が高い程有効になると考えられる。

【0039】41は、基板1の表面3上の空間17を、デスミア装置20によるデスミア処理領域42とレーザ加工装置50による穴明加工領域43とに仕切って分離する仕切手段40としてのカーテンである。カーテン41は、比較的剛性の板状材料からなる上部部分41aと

【0040】デスミア装置20とレーザ加工装置50とを備えたビアホール形成・デスミア装置60では、X方向に所定幅の領域Dにおいて基板1の表面3に対する穴明を完了する毎に送り機構16によって基板1を-X方向に所定距離だけ送って（並進移動させて）順次デスミア領域42に移すようにすることによって、次の所定幅領域D_iをレーザ加工装置50で穴明加工している間に、j回前に穴明の完了した領域D_{i-j}に対してデスミア処理装置20によって同時並行的にデスミア処理を行い得る。なお、基板1の並進移動距離Dの大きさがノズル装置23によるデスミア処理可能幅よりも大きい場合には、例えば前述のようにノズル装置23をD/2以上の大きさの振幅でX方向に往復動（振動）可能にしても、デスミア処理速度を高くしておいて、基板1の-X方向の並進移動の際同時にデスミア処理を行うようにしてもよい。また、ビアホール形成・デスミア装置60では、カーテン41が領域42、43を分離しているから、領域43におけるビアホール形成がデスミア処理用二酸化炭素流によって悪影響を受けたり、領域43でのビアホール形成の際生じた飛散物が領域42に混入する虞が少ない。

【図１】本発明によるデスミア方法が適用される基板のビアホールを示すもので、（a）は斜視説明図、（b）は縦断面説明図である。

【図3】図2の装置の基板部分の平面説明図。

- 1 電子回路基板
- 2 ビアホール
- 3 表面
- 4, 6 絶縁層
- 5 導体層
- 7 底
- 8 導体表面
- 9 スミア
- 12 送りテーブル（ステージ）
- 16 並進機構
- 17 空間
- 20 デスミア処理装置
- 21 炭酸ガスボンベ
- 22 冷却器
- 23 ノズル装置
- 24, 25 配管
- 26 小孔
- 40 仕切手段
- 41 カーテン
- 42 デスミア処理領域
- 43 穴明加工領域
- 50 穴明加工装置
- 60 ビアホール形成・デスミア装置
- C1 二酸化炭素
- C2 少なくとも一部が液化された二
- C3 二酸化炭素液体を含む二酸化炭
- ガス含有流体)
- C31 二酸化炭素液滴
- C4 二酸化炭素微粒子
- L ノズルの開口と基板表面との距離
- P 大気圧

Fig. 1 consists of two schematic diagrams, (a) and (b), illustrating a semiconductor device.

(a) Top view: A rectangular substrate is shown with a central circular region. The substrate is divided into several layers, labeled 1 through 6. Layer 1 is the topmost, followed by 2, 3, 4, 5, and 6 at the bottom. The central circular region contains a smaller circle labeled 2a, which is surrounded by a ring labeled 7. Inside this ring is a smaller circle labeled 8, and at the very center is a small circle labeled 9. The entire central region is labeled C4. The outer edge of the substrate is labeled 3.

(b) Cross-sectional view: This view shows the substrate layers 1 through 6. A pressure P is applied to the top surface of layer 1. A central region is shown with a circular structure labeled 2a, which is surrounded by a ring labeled 7. Inside this ring is a smaller circle labeled 8, and at the very center is a small circle labeled 9. The entire central region is labeled C4. The outer edge of the substrate is labeled 3. A dashed line labeled C3 points to the top surface of layer 1. A dashed line labeled C31 points to the top surface of layer 2. A dashed line labeled 2b points to the bottom surface of layer 2.

The diagram illustrates a laser processing apparatus. A laser oscillator (51) is connected to a laser resonator (52) via a mirror (54). The resonator includes a lens (53) and a mirror (55). A laser beam (56) is focused by a lens (57) onto a workpiece (3). The workpiece is mounted on a stage (12) which can move in the X and Z directions. A cooling system (20) with a pump (21) and a cooling unit (22) is connected to the workpiece area. A motor (13) drives the stage. Various components are labeled with numbers 1 through 60.